

INTERAÇÕES ENTRE AS CONVECÇÕES RASA E PROFUNDA

Enio Pereira de Souza
(LMRS-PB / Campus II - UFPB)

Pedro Leite da Silva Dias
(IAG / USP)

José Paulo Bonatti
(CPTEC / INPE)

Abstract

In this work we perform numerical experiments with shallow and deep cumulus parameterization schemes using an 18 layer one-dimensional model. In the first experiment the scheme propoused by Albrecht et al. (1986) is tested separately and it showed good results in determining the top of the clouds as a function of vertical stability. In the second experiment the Kuo (1974) scheme is included in the model. Both the schemes represented well their characteristics showing that they can be used together in a global model.

1 Introdução

Do ponto de vista do papel exercido pelas nuvens cumulus, na configuração do perfil termodinâmico da atmosfera, podem-se distinguir duas classes: os cumuli profundos (precipitantes) e os cumuli rasos (não precipitantes) (Frank, 1983). Os primeiros tem dimensões horizontais de pequena escala e verticais de grande escala e são responsáveis por transporte de calor, umidade e momentum, dos baixos para os altos níveis. Através das elevadas taxas de precipitação produzidas e a conseqüente liberação de calor latente, constituem-se na principal fonte de energia para a atmosfera tropical (Nitta, 1972). Os cumuli rasos atuam como transportadores de umidade da camada de mistura para cima e de calor de cima para baixo, sendo uma fonte extra de calor para a camada de mistura. Neste trabalho será discutida a interação entre estes dois tipos de convecções, através de um modelo numérico.

2 Formulação e Dados

Considerando-se os efeitos da convecção nos campos de temperatura e umidade, as equações da termodinâmica e variação da umidade específica podem ser escritas, respectivamente, na forma: (Kuo, 1974).

$$\frac{\partial \bar{\theta}}{\partial t} = \frac{LC'}{\pi C_p} - \frac{\partial \overline{\omega' \theta'}}{\partial p} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \bar{q}}{\partial t} = -C' - \frac{\partial \overline{\omega' q'}}{\partial p} \quad (2)$$

onde θ é a temperatura potencial, L é o calor latente de condensação, C_p é o calor específico à pressão constante, Π é a função de Exner, C é a taxa de condensação, ω é a velocidade vertical em pressão e q é a umidade específica. As barras indicam variáveis médias e as linhas indicam perturbações, associadas à convecção. Na Equação 1, o primeiro termo do lado direito significa a contribuição para o campo de temperatura devido à liberação de calor latente, o segundo significa o aquecimento devido ao movimento vertical turbulento. Na Equação 2, o primeiro termo significa a variação da umidade devido à condensação e o segundo a redistribuição devido ao movimento vertical turbulento.

Uma vez que os cumuli rasos não precipitam, o processo completo não implica em uma liberação líquida de calor latente. Um esquema que represente bem a física dos cumuli rasos deve considerar os principais processos envolvidos tais como: condensação, evaporação, transporte de umidade e água líquida e efeito de entranhamento na nuvem. O efeito líquido dos cumuli rasos é um transporte de calor e umidade, equivalente aos últimos termos das Equações 1 e 2. No esquema proposto por Albrecht et al. (1986) estes termos têm a forma:

$$\frac{\partial \bar{s}}{\partial t} = - \frac{\partial [\overline{\omega'(s' - L)'}]}{\partial p} \quad (3)$$

$$\frac{\partial \bar{q}}{\partial t} = - \frac{\partial [\overline{\omega'(q' + l')'}]}{\partial p} \quad (4)$$

onde l é a umidade específica da água líquida e s é a energia estática seca que se relaciona com θ pela expressão $s = C_p T + gz = C_p \theta$.

Estas equações são discretizadas em um modelo unidimensional de 18 camadas. Os detalhes de como estes termos são parametrizados em ambos os esquemas podem ser encontrados nos trabalhos originais. Souza (1991) dá detalhes de como estes esquemas estão implementados no modelo. Os dados utilizados como entrada no modelo foram obtidos durante o experimento ABLE 2B, na cidade de Manaus-AM, no dia 03 de maio de 1987 (00 UTC).

3. Resultados e Discussões

Uma das vantagens do esquema de Albrecht et al. é que o topo das nuvens é determinado em função da estabilidade da atmosfera e do entranhamento. No experimento 1 o esquema Albrecht et al foi integrado isoladamente. Os fluxos de calor e umidade, bem como a fonte de umidade em superfície são providos por um forçante externo que se torna ativo depois de 12 horas de integração.

Este experimento simula uma atmosfera cujo único agente difusor de umidade é a convecção não precipitante. A Figura 1 mostra a diferença de temperatura causada pelas nuvens desenvolvidas. Em princípio a nuvem é razoavelmente rasa, por causa da estabilidade. A medida que ocorre o aumento da umidade dos níveis logo acima

Figura 2) a estabilidade diminui e o topo fica cada vez mais alto. Uma inspeção do perfil vertical de umidade mostra que, ao final da integração, a atmosfera se encontra supersaturada, acima de 900 hPa.

No experimento 2 o modelo é acrescido do esquema de Kuo para convecção profunda (precipitante). Este experimento é mais realista pois simula a fonte de umidade na superfície, a formação de cumuli rasos e profundos e a remoção por precipitação. As figuras 3 e 4 mostram os campos de temperatura associados às convecções profunda e rasa, respectivamente. A ativação de ambos os processos se dá as 12h de integração. Nos primeiros instantes de convecção os cumuli rasos se assemelham aos do experimento 1. Acontece que a umidade que é difundida pelos cumuli rasos em vez de instabilizar a atmosfera é removida como precipitação nos cumuli profundos e o calor latente liberado é utilizado para aquecer, estabilizando a atmosfera. Com isto à medida que os cumuli profundos se intensificam o topo da convecção rasa fica cada vez mais baixo, como é observado na natureza.

4 Conclusões

O esquema de Albrecht et al. se mostrou bastante versátil no sentido de representar as principais propriedades dos cumuli rasos. O emprego associado dos esquemas de Albrecht et al. e Kuo mostrou bons resultados, isto indica que podem ser utilizados conjuntamente para simular a convecção em um modelo global. Este trabalho simula a maneira como a convecção atua na atmosfera. Sob condições estáveis se formam cumuli rasos, estes atuam desestabilizando a atmosfera favorecendo o desenvolvimento dos cumuli profundos que estabilizam a atmosfera, limitando o crescimento dos rasos. Este resultado concorda com o proposto por Yanai et al. (1973).

5 Referências Bibliográficas

- Albrecht, B.A.; Ramanathan, V.; Boville, B.A. The effects of cumulus moisture transpots on the simulation of climate with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 43 (21): 2443-2462, 1986.
- Frank, W.M. The cumulus parameterization problem. *Monthly Weather Review*, 111 (9): 1859-1871, 1983.
- Kuo, H.L. Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large-scale flow. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 31 (5): 1232-1240, 1974.
- Nitta, T. Energy budget of wave disturbances over the Marshall Islands during the years of 1965 and 1958. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 50 (2): 71-84, 1972.
- Souza, E. P. Experimentos com parametrizações de cumulus utilizando um modelo unidimensional (INPE-5356-TDI/463) 113p, 1991.
- Yanai, M., Esbensen, S., Chu, J. H. Determination of bulk properties of tropical cloud clusters from large-scale heat and moisture budgets. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 30 (4): 611-627, 1973.

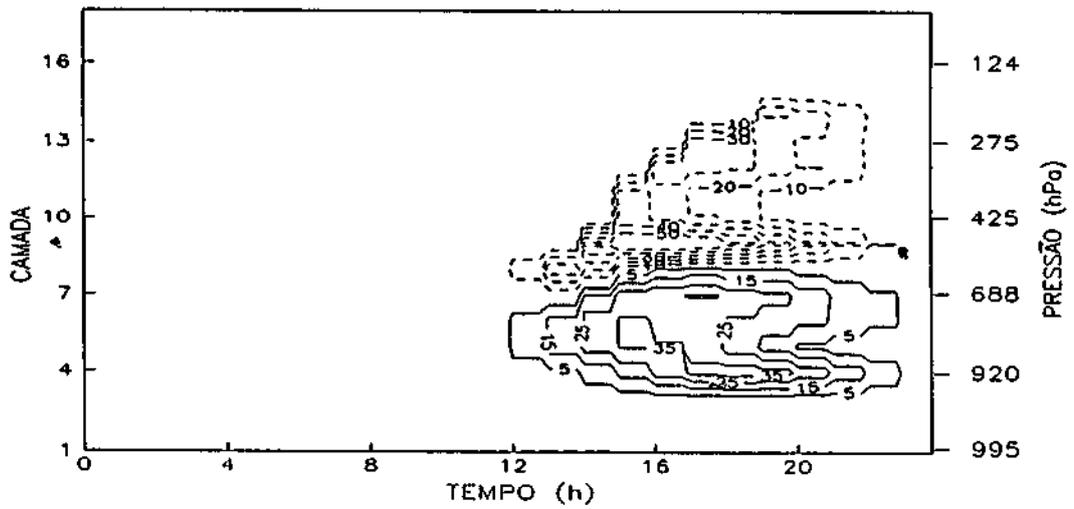


Fig. 1 - Incrementos de temperatura devido à convecção rasa (10^{-3} K). As isolinhas tracejadas indicam valores negativos (Experimento 1).

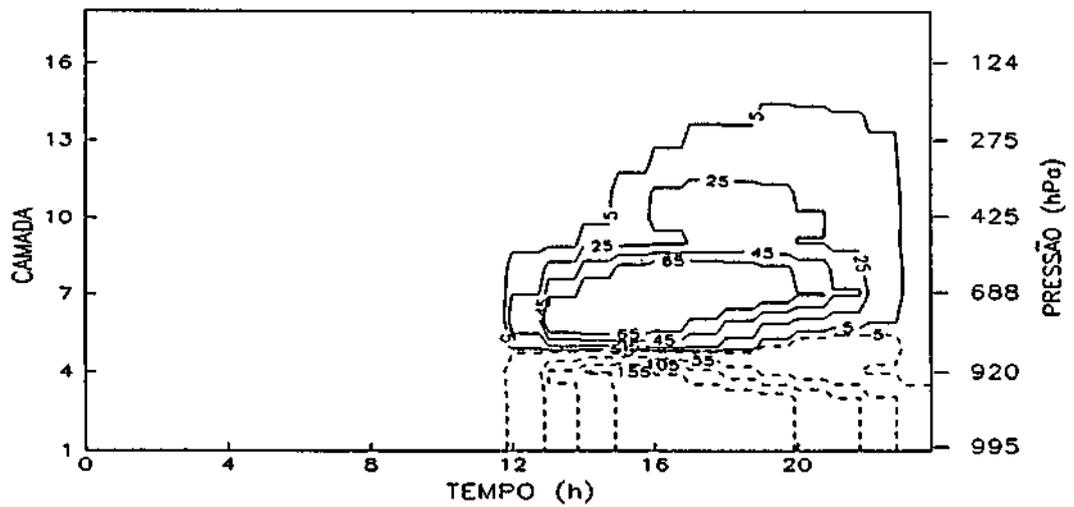


Fig. 2 - Incrementos de umidade específica devido à convecção rasa (10^{-6} gkg $^{-1}$). As isolinhas tracejadas indicam valores negativos (Experimento 1).

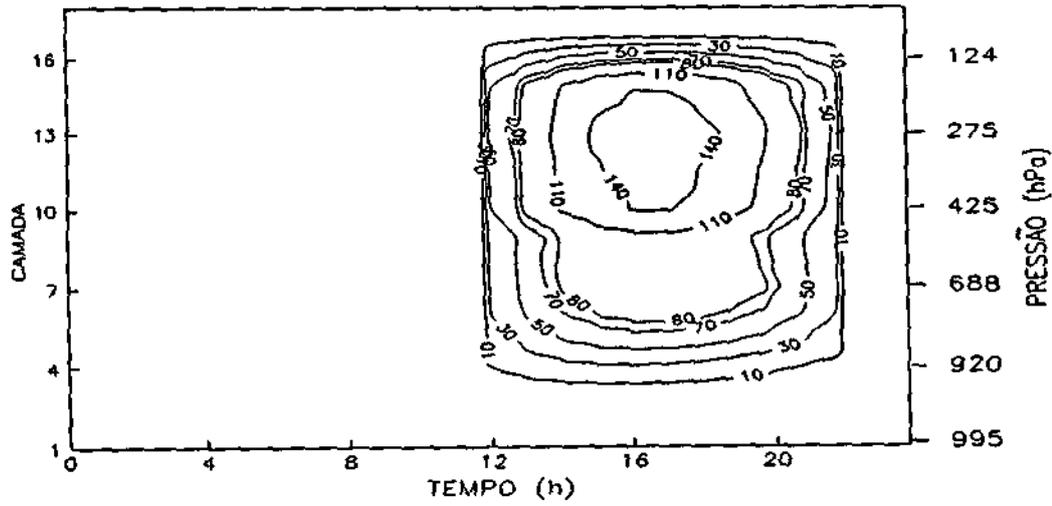


Fig 3 - Incrementos de temperatura devido à convecção profunda (10^{-3} K). (Experimento 2).

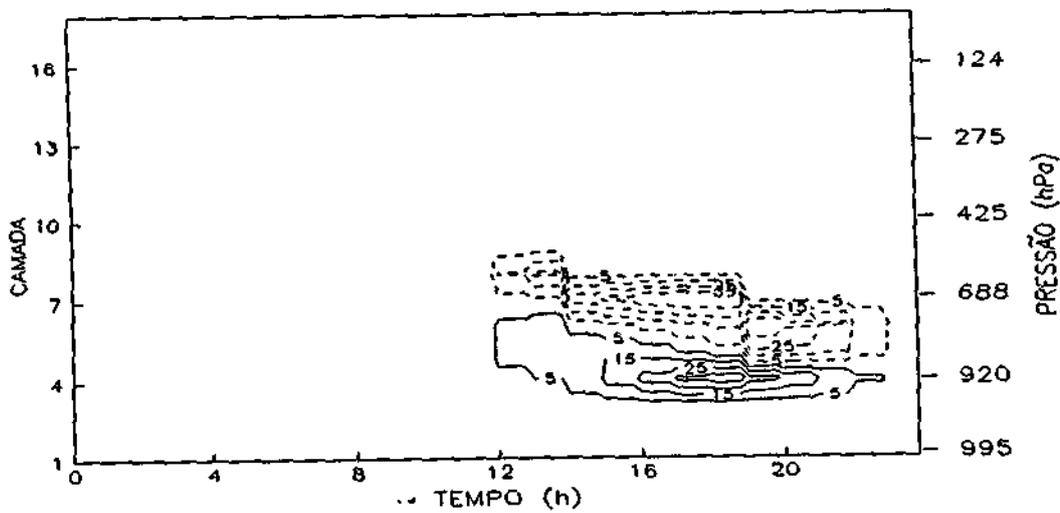


Fig 4 - Incrementos de temperatura devido à convecção rasa (10^{-3} K). As isolinhas tracejadas indicam valores negativos (Experimento 2).